



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113666407 A

(43) 申请公布日 2021.11.19

(21) 申请号 202110960710.9

(22) 申请日 2021.08.20

(71) 申请人 中山大学

地址 510275 广东省广州市海珠区新港西路135号

(72) 发明人 黄林冲 梁倍晔 赖正首 肖睿

(74) 专利代理机构 广东合方知识产权代理有限公司 44561

代理人 许建成

(51) Int. Cl.

C01F 11/28 (2006.01)

C02F 3/32 (2006.01)

B01J 19/18 (2006.01)

B01J 19/20 (2006.01)

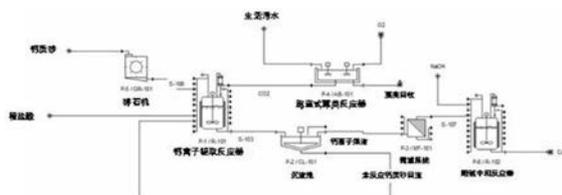
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺及其应用

(57) 摘要

本发明公开了南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,包括:称量南海钙质砂进入碎石机P-5进行机械破碎成小粒径颗粒;稀盐酸与破碎后的南海钙质砂进入钙离子提取反应器P-1中反应生成氯化钙溶液、CO<sub>2</sub>气体以及水;反应混合物将经过沉淀池P-2进行初次分离,未反应的南海钙质砂回流至P-1进行第二次反应生成氯化钙溶液,收集得到最终提取产物氯化钙溶液;将剩余混合物进入微滤系统P-3进行分离和提纯,产物溶液将在酸碱中和反应器P-6中反应;将CO<sub>2</sub>气体通入跑道式藻类反应器P-4通过自养和异养生长对生活污水进行净化处理。本发明能使用于生物水泥加固的碳酸钙晶型强度更高,分布更均匀;且零排放以及经济环保。



CN 113666407 A

1. 南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,其特征在于,包括如下步骤:

1) 称量南海钙质砂进入碎石机P-5进行机械破碎成小粒径颗粒,得到破碎后的南海钙质砂;

2) 稀盐酸与破碎后的南海钙质砂进入钙离子提取反应器P-1中进行第一次反应生成氯化钙溶液、二氧化碳气体以及水;

3) 通过钙离子提取反应器P-1底部流出的反应混合物将进一步经过沉淀池P-2进行初次分离,未反应的南海钙质砂将通过重力沉降回流至钙离子提取反应器P-1进行第二次反应生成氯化钙溶液,收集该氯化钙溶液和步骤2) 第一次反应生成氯化钙溶液为最终提取产物氯化钙溶液;

4) 同时将剩余混合物进入微滤系统P-3进行进一步分离和提纯,通过微滤系统P-3之后的产物溶液将在酸碱中和反应器P-6中进行中和反应得到含有一定盐度的氯化钠溶液;

5) 将步骤2) 中钙离子提取反应器P-1生成的二氧化碳气体通入跑道式藻类反应器P-4通过自养生长和异养生长的交替培养模式对生活污水进行净化处理。

2. 根据权利要求1所述的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,其特征在於,步骤1) 中,所述南海钙质砂的质量为800~1200kg;所述破碎后的南海钙质砂的粒径为<0.5mm。

3. 根据权利要求1所述的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,其特征在於,步骤2) 中,所述稀盐酸的浓度为35~40%;所述稀盐酸与破碎后的南海钙质砂的质量比为2.0~2.5:1。

4. 根据权利要求1所述的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,其特征在於,步骤2) 中,所述钙离子提取反应器P-1包括一个船用型螺旋桨以及两个拉什顿叶轮,在内部设置有用于温度控制的加热束和防止涡流产生的挡板,以及在底部设置为有助于产物流出的锥形。

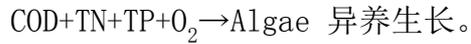
5. 根据权利要求1所述的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,其特征在於,步骤3) 中,所述通过钙离子提取反应器P-1底部流出的反应混合物为氯化钙、水、未反应的南海钙质砂、剩余稀盐酸以及胶状天然多糖类产物EPS。

6. 根据权利要求1所述的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,其特征在於,步骤3) 中,所述氯化钙溶液中钙离子浓度的测试方法为:取50毫升离心管,加入30毫升去离子水和1毫升过滤后的溶液进行混合;白色碳酸钙晶体会在加入一定量的碳酸氢钠后形成,溶液过滤后白色碳酸钙固体将会留在滤纸上,将带有碳酸钙的滤纸放入60℃烘箱烘干6小时,1毫升碳酸钙固体的质量可以用滤纸过滤前后干重的差值得出;总碳酸钙含量g可以通过1毫升碳酸钙固体的质量g/mL乘以总过滤液量mL,总过滤量可以从步骤4) 中获得;1mol碳酸钙中含有1mol的钙离子,所以钙离子的浓度可以通过总碳酸钙含量进行转化得出,即钙离子浓度(g/L) =  $n_{\text{CaCO}_3} \times 40\text{g/mol}$ 。

7. 根据权利要求1所述的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,其特征在於,步骤4) 中,所述通过微滤系统P-3之后的产物溶液为水,氯化钙以及少量稀盐酸;所述微滤系统P-3为滤膜系统;所述酸碱中和反应器P-6中的碱为氢氧化钠;所述含有一定盐度的氯化钠溶液的盐度为5~10g/LNaCl。

8. 根据权利要求1所述的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,其特征在于,步骤5)中,所述跑道式藻类反应器P-4的结构包括在池底铺上通入来自钙离子提取反应器P-1CO<sub>2</sub>的导气管,池子尺寸自由设计。

9. 根据权利要求1所述的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,其特征在于,步骤5)中,所述自养生长和异养生长的反应式分别如下:



10. 如权利要求1所述的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺在后续微生物加固南海钙质砂反应中的应用。

## 南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺及其应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺及其应用

### 背景技术

[0002] 现今世界海岛建设方兴未艾,尤其是近几年我国投入巨资建设南海岛屿,这些岛屿位处偏远,建设所需的高质量材料匮乏,尤其是水泥柱的各种原料特别是氯化钙原料只能靠外部输送,如果从大陆运送则成本极高,如果能够低成本将当地的南海钙质砂中碳酸钙直接转化成氯化钙,就可以减少额外钙离子的使用,大大减少原材料以及运输成本。

[0003] 而目前针对南海钙质砂中碳酸钙的转化仅限于采用传统的醋酸提取法:碳酸钙与醋酸需在较高温度(50℃)下进行反应,生成的钙离子主要以醋酸钙为主,该方法的缺点是用于生物水泥加固的碳酸钙晶型强度低。

[0004] 此外,采用传统的醋酸提取法提取南海钙质砂中的钙离子,最终产物二氧化碳气体,直接排出或采用活性污泥进行处理,传统活性污泥法所产生污泥气味大,含有致病菌,需要特殊的掩埋方法,同时二氧化碳作为温室气体不可以随意排放,否则会对大气造成二次污染。

[0005] 因此,亟需一种既能将南海钙质砂中碳酸钙直接转换成氯化钙,且用于生物水泥加固的碳酸钙晶型强度更高,又在环保角度上具有操作简便,副产物可以回收利用,零排放以及经济环保的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺。

### 发明内容

[0006] 为了克服上述现有技术的不足,本发明的首要目的在于提供南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,该工艺既能将南海钙质砂中碳酸钙直接转换成氯化钙,且用于生物水泥加固的碳酸钙晶型强度更高,又在环保角度上具有操作简便,副产物可以回收利用,零排放以及经济环保的优势。

[0007] 本发明是通过以下技术方案实现:

[0008] 南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,包括如下步骤:

[0009] 1) 称量南海钙质砂进入碎石机P-5进行机械破碎成小粒径颗粒,得到破碎后的南海钙质砂;

[0010] 2) 稀盐酸与破碎后的南海钙质砂进入钙离子提取反应器P-1中进行第一次反应生成氯化钙溶液、二氧化碳气体以及水;

[0011] 3) 通过钙离子提取反应器P-1底部流出的反应混合物将进一步经过沉淀池P-2进行初次分离,未反应的南海钙质砂将通过重力沉降回流至钙离子提取反应器P-1进行第二次反应生成氯化钙溶液,收集该氯化钙溶液和步骤2) 第一次反应生成氯化钙溶液为最终提取产物氯化钙溶液;

[0012] 4) 同时将剩余混合物进入微滤系统P-3进行进一步分离和提纯,通过微滤系统P-3

之后的产物溶液将在酸碱中和反应器P-6中进行中和反应得到含有一定盐度的氯化钠溶液；

[0013] 5) 将步骤2) 中钙离子提取反应器P-1生成的二氧化碳气体通入跑道式藻类反应器P-4 通过自养生长和异养生长的交替培养模式对生活污水进行净化处理。

[0014] 其中, 步骤1) 中, 所述南海钙质砂的重量为800~1200kg; 所述破碎后的南海钙质砂的粒径为<0.5mm。将南海钙质砂破碎成小粒径颗粒, 有助于提升反应效率。

[0015] 其中, 步骤2) 中, 所述稀盐酸的浓度为35~40%; 所述稀盐酸与破碎后的南海钙质砂的质量比为2.0~2.5:1。

[0016] 其中, 步骤2) 中, 所述钙离子提取反应器P-1包括一个船用型螺旋桨以及两个拉什顿叶轮, 在内部设置有用于温度控制的加热束和防止涡流产生的挡板, 以及在底部设置为有助于产物流出的锥形。

[0017] 其中, 步骤3) 中, 所述通过钙离子提取反应器P-1底部流出的反应混合物为氯化钙、水、未反应的南海钙质砂、剩余稀盐酸以及胶状天然多糖类产物EPS。

[0018] 其中, 步骤3) 中, 所述氯化钙溶液中钙离子浓度的测试方法为: 取50毫升离心管, 加入30毫升去离子水和1毫升过滤后的溶液进行混合; 白色碳酸钙晶体会在加入一定量的碳酸氢钠后形成, 溶液过滤后白色碳酸钙固体将会留在滤纸上, 将带有碳酸钙的滤纸放入60℃烘箱烘干6小时, 1毫升碳酸钙固体的质量可以用滤纸过滤前后干重的差值得出; 总碳酸钙含量g可以通过1毫升碳酸钙固体的质量g/mL乘以总过滤液量mL, 总过滤量可以从步骤4) 中获得; 1mol碳酸钙中含有1mol的钙离子, 所以钙离子的浓度可以通过总碳酸钙含量进行转化得出, 即钙离子浓度(g/L) =  $n_{CaCO_3} \times 40g/mol$ 。

[0019] 其中, 步骤4) 中, 所述通过微滤系统P-3之后的产物溶液为水, 氯化钙以及少量稀盐酸; 所述微滤系统P-3为滤膜系统; 所述酸碱中和反应器P-6中的碱为氢氧化钠; 所述含有一定盐度的氯化钠溶液的盐度为5~10g/LNaCl; 此含有一定盐度的氯化钠溶液可直接用于生物加固方面的工程类应用, NaCl的含量不会影响生物加固过程。

[0020] 其中, 步骤5) 中, 所述跑道式藻类反应器P-4的结构包括在池底铺上通入来自钙离子提取反应器P-1CO<sub>2</sub>的导气管, 池子尺寸自由设计。

[0021] 其中, 步骤5) 中, 步骤2) 中钙离子提取反应器P-1生成的二氧化碳气体可直接为跑道式藻类反应器P-4提供无机碳源, 而生活污水提供藻类所需的氮元素、磷元素, 通过昼夜交替达到自养生长、异养生长的互换生长, 从而使得二氧化碳和生活污水中的有机物, 总氮和总磷转换为绿藻, 最终达到净化生活污水和减少二氧化碳排放的效果。此工艺不产生传统的生化污泥, 且不产生传统生化工艺的臭味, 绿色环保。与此同时, 由于钙离子提取反应器P-1 中的反应是放热反应, 所以CO<sub>2</sub>提供的不单只是无机碳源, 同时也能提供一定的热量给跑道式藻类反应器P-4, 从而可以让藻类在温暖的环境下生长, 增加处理效率。回收之后的绿藻可用于有机化肥, 动物食料, 生物柴油以及燃烧发电等一系列产业的原材料, 经济性良好。所述自养生长和异养生长的反应式分别如下:

[0022]  $TN+TP+CO_2 \rightarrow Algae+O_2$  自养生长;

[0023]  $COD+TN+TP+O_2 \rightarrow Algae$  异养生长。

[0024] 上述南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺在生物加固水泥中的应用。

[0025] 本发明与现有技术相比,具有如下有益效果:

[0026] (1) 本发明的南海钙质沙中钙离子提取工艺既能将南海钙质沙中碳酸钙直接转换成氯化钙,与传统的醋酸提取法相比,用于生物水泥加固的碳酸钙晶型的加固强度更高;而与传统的传统氯化钙提取法相比,用于生物水泥加固的碳酸钙晶型的加固强度分布更均匀。

[0027] (2) 本发明的南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺中采用藻类污水处理技术,与传统CO<sub>2</sub>直接排放或采用生化活性污泥净化生活污水相比,在环保角度上具有操作简便,副产物可以回收利用,零排放以及经济环保的优势。

### 附图说明

[0028] 图1为本发明南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺流程图;

[0029] 图2为本发明钙离子提取反应器P-1的结构示意图;

[0030] 图3为本发明跑道式藻类反应器P-4的结构示意图。

### 具体实施方式

[0031] 下面通过具体实施方式来进一步说明本发明,以下实施例为本发明具体的实施方式,但本发明的实施方式并不受下述实施例的限制。

[0032] 本发明的实施例及对比例采用的原料均为市场购买。

[0033] 所述氯化钙溶液中钙离子浓度的测试方法为:取50毫升离心管,加入30毫升去离子水和1毫升过滤后的溶液进行混合;白色碳酸钙晶体会在加入一定量的碳酸氢钠后形成,溶液过滤后白色碳酸钙固体将会留在滤纸上,将带有碳酸钙的滤纸放入60℃烘箱烘干6小时,1 毫升碳酸钙固体的质量可以用滤纸过滤前后干重的差值得出;总碳酸钙含量g可以通过1毫升碳酸钙固体的质量g/mL乘以总过滤液量mL,总过滤量可以从步骤4)中获得;1mol碳酸钙中含有1mol的钙离子,所以钙离子的浓度可以通过总碳酸钙含量进行转化得出,即钙离子浓度(g/L) =  $n_{CaCO_3} \times 40g/mol$ 。

[0034] 南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺在生物加固水泥中的应用,其中,利用氯化钙溶液进行微生物加固南海钙质沙反应的测试方法:

[0035] • 生物种类:巴斯芽孢杆菌;

[0036] • 培养基成分:酪蛋白胨(15g/L),氯化钙(5g/L)大豆蛋白胨(5g/L),pH 7.3;

[0037] • 培养条件:培养(30℃),12-18小时,150rpm;

[0038] • 测试粒径:0.5,1和2mm;

[0039] • 生物浇灌方式(分段式浇灌法):南海钙质沙颗粒分三次倒入圆柱形模具(直径5cm,高度10cm),第一次将沙粒加至4cm高度,利用菌液混合氯化钙溶液以及尿素进行循环浇灌 24小时,前9小时菌液单独循环,期间不加入尿素和氯化钙溶液;之后15小时加入尿素(20g/L)和10mL氯化钙溶液(4.6g/L),菌液中呈碱性的pH值状态将会被带有酸性的氯化钙溶液中和,最终pH~7.5-7.8左右;24小时后将沙粒高度加至7cm,并继续利用菌液混合CaCl<sub>2</sub>以及尿素进行循环浇灌24小时,不同的是氯化钙溶液投加量增加到15mL(7g/L);48小时后将沙粒高度加至10cm,并继续利用菌液混合CaCl<sub>2</sub>以及尿素进行循环浇灌直至沙粒空隙被完全被碳酸钙晶体填满,测试最终碳酸钙含量:碳酸钙含量=生物浇灌后柱子重量

(g) -生物浇灌前钙质砂重量(g)；

[0040] 加固后水泥柱的抗压强度的测试方法:无侧限抗压强度测试(UCS)；

[0041] 加固后水泥柱的抗压强度的分布是否均匀的测试方法:对经过无侧限抗压强度测试后的断裂后的柱子进行观察和拍照,如果柱子是斜切型断裂,则表明生物水泥分布均匀,如果是某一高度层面横向断裂,这表明分布不均匀。

[0042] 最终二氧化碳气体的排放情况的测试方法:二氧化碳排放量=二氧化碳的生成量-藻类利用量。二氧化碳排放量理想状态是零排放。

[0043] 实施例1:

[0044] 南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,包括如下步骤:

[0045] 1) 称量重量为1000kg南海钙质砂进入碎石机P-5进行机械破碎成小粒径颗粒,得到破碎后的粒径为<0.5mm的南海钙质砂;

[0046] 2) 浓度为37%的稀盐酸与破碎后的南海钙质砂按照质量比为2.3:1进入钙离子提取反应器P-1中进行第一次反应生成氯化钙溶液、二氧化碳气体以及水;其中,所述钙离子提取反应器P-1包括一个船用型螺旋桨以及两个拉什顿叶轮,在内部设置有用于温度控制的加热束和防止涡流产生的挡板,以及在底部设置为有助于产物流出的锥形;

[0047] 3) 通过钙离子提取反应器P-1底部流出的反应混合物(氯化钙、水、未反应的南海钙质砂、剩余稀盐酸以及胶状天然多糖类产物EPS)将进一步经过沉淀池P-2进行初次分离,未反应的南海钙质砂将通过重力沉降回流至钙离子提取反应器P-1进行第二次反应生成氯化钙溶液,收集该氯化钙溶液和步骤2)第一次反应生成氯化钙溶液为最终提取产物氯化钙溶液;

[0048] 4) 同时将剩余混合物进入微滤系统P-3进行进一步分离和提纯,通过微滤系统P-3之后的产物溶液(水,氯化钙以及少量稀盐酸)将在酸碱中和反应器P-6中进行中和反应得到含有一定盐度的氯化钠溶液;其中,所述微滤系统P-3为滤膜系统;所述酸碱中和反应器P-6中的碱为氢氧化钠;所述含有一定盐度的氯化钠溶液的盐度为8g/LNaCl;此含有一定盐度的氯化钠溶液可直接用于生物加固方面的工程类应用,NaCl的含量不会影响生物加固过程;

[0049] 5) 将步骤2)中钙离子提取反应器P-1生成的二氧化碳气体通入跑道式藻类反应器P-4通过自养生长和异养生长的交替培养模式对生活污水进行净化处理;其中,所述跑道式藻类反应器P-4的结构包括在池底铺上通入来自钙离子提取反应器P-1CO<sub>2</sub>的导气管,池子尺寸自由设计;所述自养生长和异养生长的反应式分别如下:

[0050]  $TN+TP+CO_2 \rightarrow Algae+O_2$  自养生长;

[0051]  $COD+TN+TP+O_2 \rightarrow Algae$  异养生长。

[0052] 测得该工艺中最终提取产物氯化钙溶液中钙离子浓度、最终二氧化碳气体的排放情况、加固后水泥柱的抗压强度、加固后水泥柱的抗压强度的分布情况如表1所示。

[0053] 实施例2:

[0054] 南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺,包括如下步骤:

[0055] 1) 称量重量为800kg南海钙质砂进入碎石机P-5进行机械破碎成小粒径颗粒,得到破碎后的粒径<0.5mm的南海钙质砂;

[0056] 2) 浓度为35%的稀盐酸与破碎后的南海钙质砂按照质量比为2.5:1进入钙离子提

取反应器P-1中进行第一次反应生成氯化钙溶液、二氧化碳气体以及水；其中，所述钙离子提取反应器P-1包括一个船用型螺旋桨以及两个拉什顿叶轮，在内部设置有用于温度控制的加热束和防止涡流产生的挡板，以及在底部设置为有助于产物流出的锥形；

[0057] 3) 通过钙离子提取反应器P-1底部流出的反应混合物(氯化钙、水、未反应的南海钙质砂、剩余稀盐酸以及胶状天然多糖类产物EPS)将进一步经过沉淀池P-2进行初次分离，未反应的南海钙质砂将通过重力沉降回流至钙离子提取反应器P-1进行第二次反应生成氯化钙溶液，收集该氯化钙溶液和步骤2)第一次反应生成氯化钙溶液为最终提取产物氯化钙溶液；

[0058] 4) 同时将剩余混合物进入微滤系统P-3进行进一步分离和提纯，通过微滤系统P-3之后的产物溶液(水，氯化钙以及少量稀盐酸)将在酸碱中和反应器P-6中进行中和反应得到含有一定盐度的氯化钠溶液；其中，所述微滤系统P-3为滤膜系统；所述酸碱中和反应器P-6中的碱为氢氧化钠；所述含有一定盐度的氯化钠溶液的盐度为5g/LNaCl；此含有一定盐度的氯化钠溶液可直接用于生物加固方面的工程类应用，NaCl的含量不会影响生物加固过程；

[0059] 5) 将步骤2)中钙离子提取反应器P-1生成的二氧化碳气体通入跑道式藻类反应器P-4通过自养生长和异养生长的交替培养模式对生活污水进行净化处理；其中，所述跑道式藻类反应器P-4的结构包括在池底铺上通入来自钙离子提取反应器P-1CO<sub>2</sub>的导气管，池子尺寸自由设计；所述自养生长和异养生长的反应式分别如下：

[0060]  $TN+TP+CO_2 \rightarrow Algae+O_2$  自养生长；

[0061]  $COD+TN+TP+O_2 \rightarrow Algae$  异养生长。

[0062] 测得该工艺中最终提取产物氯化钙溶液中钙离子浓度、最终二氧化碳气体的排放情况、加固后水泥柱的抗压强度、加固后水泥柱的抗压强度的分布情况如表1所示。

[0063] 实施例3：

[0064] 南海钙质沙中钙离子提取与藻类污水处理综合利用工艺，包括如下步骤：

[0065] 1) 称量重量为1200kg南海钙质砂进入碎石机P-5进行机械破碎成小粒径颗粒，得到破碎后的粒径<0.5mm的南海钙质砂；

[0066] 2) 浓度为40%的稀盐酸与破碎后的南海钙质砂按照质量比为2.0:1进入钙离子提取反应器P-1中进行第一次反应生成氯化钙溶液、二氧化碳气体以及水；其中，所述钙离子提取反应器P-1包括一个船用型螺旋桨以及两个拉什顿叶轮，在内部设置有用于温度控制的加热束和防止涡流产生的挡板，以及在底部设置为有助于产物流出的锥形；

[0067] 3) 通过钙离子提取反应器P-1底部流出的反应混合物(氯化钙、水、未反应的南海钙质砂、剩余稀盐酸以及胶状天然多糖类产物EPS)将进一步经过沉淀池P-2进行初次分离，未反应的南海钙质砂将通过重力沉降回流至钙离子提取反应器P-1进行第二次反应生成氯化钙溶液，收集该氯化钙溶液和步骤2)第一次反应生成氯化钙溶液为最终提取产物氯化钙溶液；

[0068] 4) 同时将剩余混合物进入微滤系统P-3进行进一步分离和提纯，通过微滤系统P-3之后的产物溶液(水，氯化钙以及少量稀盐酸)将在酸碱中和反应器P-6中进行中和反应得到含有一定盐度的氯化钠溶液；其中，所述微滤系统P-3为滤膜系统；所述酸碱中和反应器P-6中的碱为氢氧化钠；所述含有一定盐度的氯化钠溶液的盐度为10g/LNaCl；此含有一定

盐度的氯化钠溶液可直接用于生物加固方面的工程类应用,NaCl的含量不会影响生物加固过程;

[0069] 5) 将步骤2) 中钙离子提取反应器P-1生成的二氧化碳气体通入跑道式藻类反应器P-4 通过自养生长和异养生长的交替培养模式对生活污水进行净化处理;其中,所述跑道式藻类反应器P-4的结构包括在池底铺上通入来自钙离子提取反应器P-1CO<sub>2</sub>的导气管,池子尺寸自由设计;所述自养生长和异养生长的反应式分别如下:

[0070]  $TN+TP+CO_2 \rightarrow Algae+O_2$  自养生长;

[0071]  $COD+TN+TP+O_2 \rightarrow Algae$  异养生长。

[0072] 测得该工艺中最终提取产物氯化钙溶液中钙离子浓度、最终二氧化碳气体的排放情况、加固后水泥柱的抗压强度、加固后水泥柱的抗压强度的分布情况如表1所示。

[0073] 对比例1:

[0074] 碳酸钙与醋酸需在较高温度(50℃)下进行反应,生成的钙离子主要以醋酸钙为主。

[0075] 测得该工艺中最终提取产物氯化钙溶液中钙离子浓度、最终二氧化碳气体的排放情况、加固后水泥柱的抗压强度、加固后水泥柱的抗压强度的分布情况如表1所示。

[0076] 对比例2:

[0077] 采用传统的用氯化钙固体对水泥进行加固实验;测得加固后水泥柱的抗压强度、加固后水泥柱的抗压强度的分布情况如表1所示。

[0078] 表1

	实施例 1	实施例 2	实施例 3	对比例 1	对比例 2
氯化钙溶液中钙离子浓度	400g/L	400g/L	400g/L	400 g/L	-
[0079] 最终二氧化碳气体的排放情况	零排放(被藻类利用)	零排放(被藻类利用)	零排放(被藻类利用)	100%排放入大气	-
加固后水泥柱的抗压强度	400 kPa	400 kPa	400 kPa	135 kPa	250 kPa
加固后水泥柱的抗压强度的分布情况	均匀	均匀	均匀	均匀	不均匀

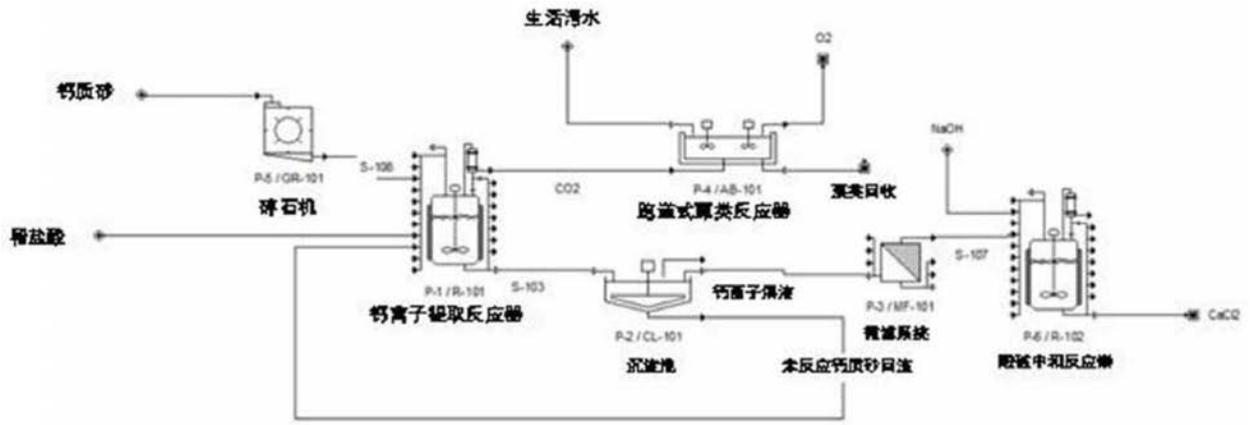


图1

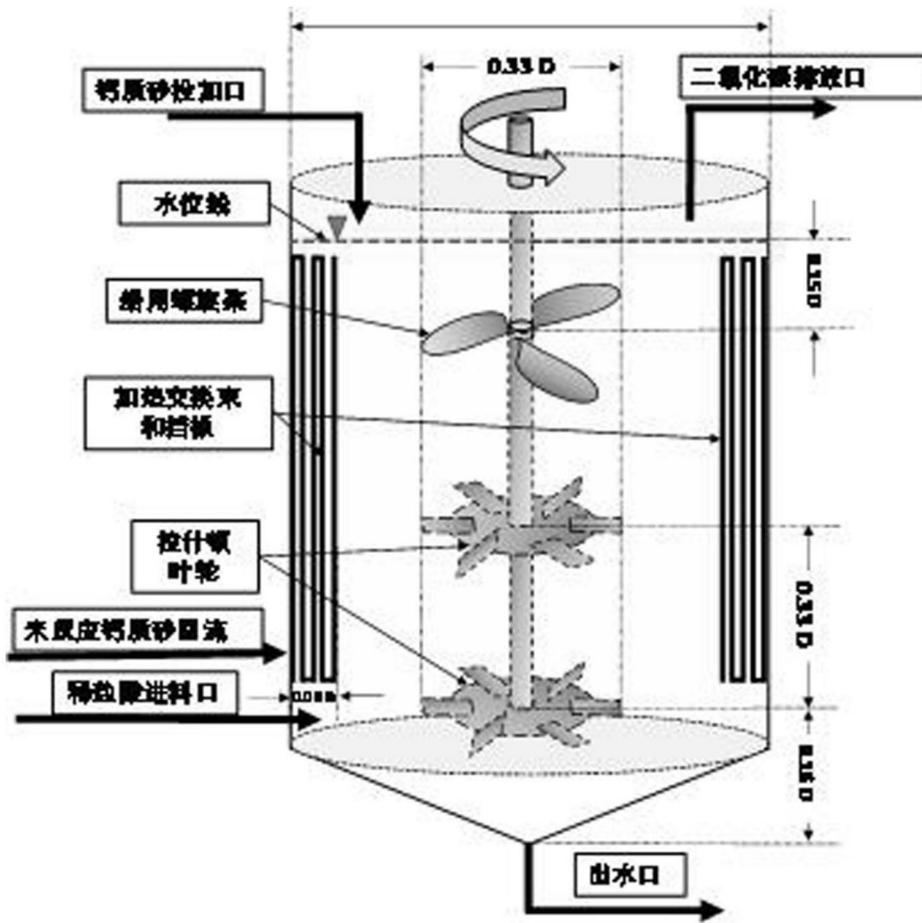


图2

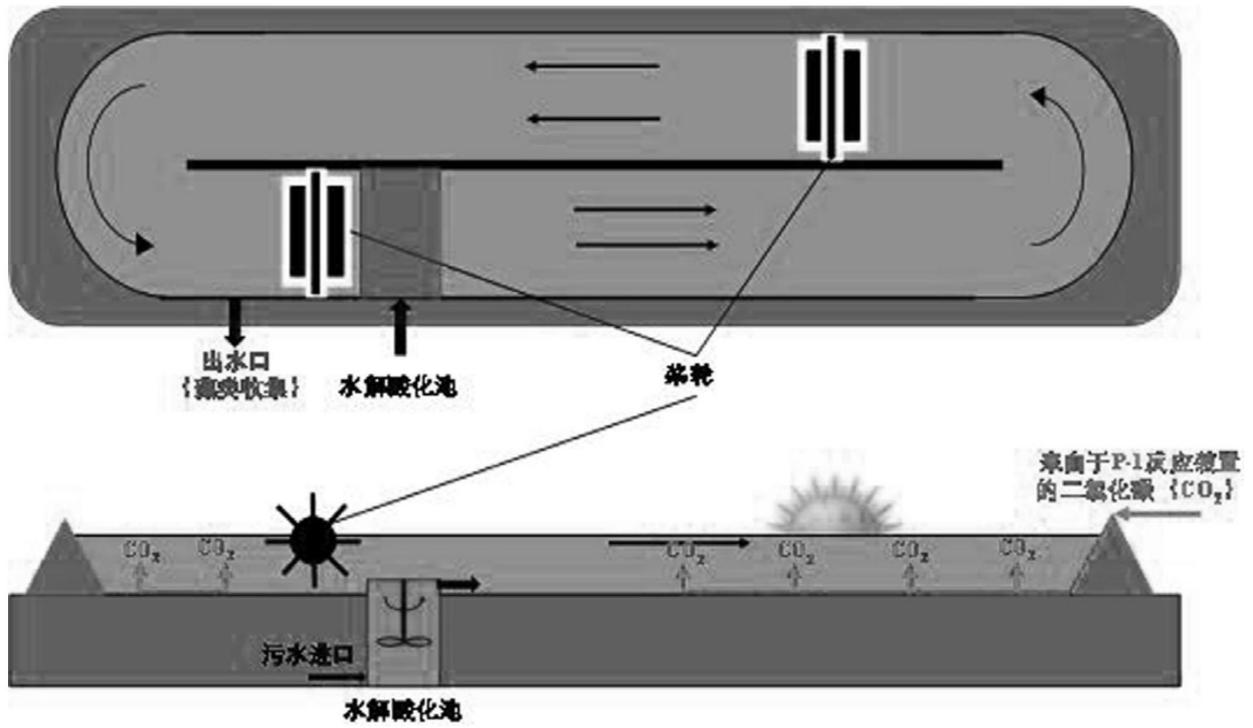


图3